АКАДЕМИЯ МЕДИЦИНСКИХ НАУК СССР

ИНСТИТУТ ГИГИЕНЫ ТРУДА И ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ
АМН СССР

ТРУДЫ ЛАБОРАТОРИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ РАДИОЧАСТОТ ИНСТИТУТА ГИГИЕНЫ ТРУДА И ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ АМН СССР

Выпуск 2

Москва, 1964

З. В. ГОРДОН

УДК 591.48

ИТОГИ КОМПЛЕКСНОГО ИЗУЧЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН РАДИОЧАСТОТ И ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Подводятся итоги комплексного изучения биологического действия электромагнитных волн радиочастот. Указано, что в настоящее время достигнуты определенные успехи в оснащении приборами, гигиенические исследования ведутся во всем диапазоне радиоволн, на протяжении ряда лет проводилась работа по проверке эффективности рекомендованных средств защиты, получены новые материалы в области нормирования. На основании результатов экспериментальных исследований дается сравнительная оценка биологического действия различных диапазонов радиочастот, выявлены общие черты и некоторые особенности в реакциях организма при действии различных диапазонов. Намечены перспективы дальнейших исследований.

В осуществлении грандиозных планов развития народного хозяйства СССР, принятых XXII съездом КПСС, большая роль принадлежит развитию новой техники и, в частности, радиоэлектроники. Большое значение съезд придал углублению биологической науки. В связи с этим особое внимание должны привлечь дальнейшие исследования в области гигиены труда и биологического действия на организм электромагнитных волн радиочастот. Задачей таких работ является углубленное изучение на основе современных методов основных процессов в организме, на которые может влиять этот фактор. Полученные данные должны быть использованы для более полного выяснения механизма действия радиоволн и, в конечном итоге, для разработки нормативов во вновь изучаемых диапазонах и уточнения уже имеющихся нормативных данных.

В последние четыре года комплексные гигиенические клинико-физиологические и экспериментальные исследования были проведены в области радиоволн основных диапазонов: среднего, короткого, ультракороткого и микроволнового, что позволило сделать некоторые практические и теоретические обобщения.

За это время произошел определенный сдвиг в создании специальных приборов для гигиенической оценки интенсивности облучения работающих с различными диапазонами радиочастот (приборы П0-1 и П3-2). Несмотря на ряд недостатков, которыми обладают эти приборы, они все же дают возможность одинакового подхода к оценке интенсивности облучения.

Новым в гигиенических исследованиях является всестороннее изучение условий труда работающих с источниками КВ и УКВ на радиостанциях и телевизионных станциях, а также в отдельных отраслях промышленности (сварка пластикатов и другие виды ВЧ нагрева диэлектриков). Работа ведется совместно с учреждениями Министерства

связи СССР. Результаты исследований (П. П. Фукалова) позволили выявить наиболее неблагоприятные участки и рекомендовать меры защиты.

В связи с использованием в различных областях народного хозяйства радиорелейных линий связи дана гигиеническая оценка условий труда операторов на участках эксплуатации приемо-передающих устройств, работающих в диапазоне микроволн (З. В. Гордон, Н. Д. Храмова).

Необходимо подчеркнуть, что в последние годы весьма обстоятельно охарактеризованы условия труда работающих с генераторами ВЧ в вакуумной промышленности [60, 61] и в ряде других отраслей.

В исследованных диапазонах на протяжении ряда лет проверялась эффективность рекомендованных Институтом средств защиты и мер профилактики, в результате чего наиболее эффективные предложены в специальных инструктивных материалах (К. В. Никонова и П. П. Фукалова, З. В. Гордон и В. В. Елисеев).

В области нормирования предельно допустимых уровней облучения радиоволнами отдельных диапазонов имеются некоторые новые и уточняющие данные. Так, для магнитной составляющей диапазона ВЧ рекомендуется допустимая величина 5 *а/м* (К. В. Никонова).

Несмотря на некоторую разницу в биологической активности, а иногда и в характере течения реакции организма на действие микроволн различных диапазонов (миллиметровых, сантиметровых, дециметровых), мы позволили себе рекомендовать для них допустимые величины, принятые для сантиметровых волн. Основанием для такого решения служат нерезко выраженная разница биологического действия и наличие чаще всего одинакового по характеру конечного биологического эффекта (например, гипотензия, изменение взаимоотношений основных нервных процессов).

Кроме того, отсутствие достаточно убедительных (в количественном отношении) клинических данных по обследованию состояния здоровья работающих с источниками микроволн различных диапазонов, а также пределы точности измерений интенсивности облучения не позволяют предлагать дифференцированные нормы для микроволн отдельных диапазонов.

Возникает иногда вопрос об уточнении допустимых величин интенсивности облучения микроволнами при прерывистом облучении работающих РЛС (вращение РЛС). Мы не считаем возможным в условиях промышленных предприятий, создающих источники микроволн и производящих испытание комплекса РЛС (в цеху или на полигоне), вносить коррективы в допустимые величины интенсивности облучения при вращении РЛС. Во-первых, это сопряжено с одновременной работой не одной РЛС, а нескольких при самых разнообразных и неповторяющихся режимах и их сочетаниях; во-вторых, увеличение допустимых величин создает значительно худшие условия для работающих, которые непосредственно не связаны с источниками излучения, а в отдельных случаях и для населения. Наконец, несмотря на сокращение общего времени облучения, сам по себе факт частой прерывистости воздействия может оказаться небезразличным для организма. Исследования в этом направлении ведутся.

Наиболее актуальным остается изучение хронического действия облучения малой интенсивности, т. е. слабых раздражителей и, естественно, в первую очередь, — не вызывающих гипертермию. С этой точки зрения интересны данные о порогах интегрального теплового эффекта при действии радиоволн различных диапазонов, т. е. максимальные вели-

чины интенсивности облучения, при которых еще не наблюдается повышения температуры тела (in rectum).

Такие пороги установлены (Е. А. Лобанова, К. В. Никонова, П. П. Фукалова) для различных участков всего диапазона радиочастот — СВЧ, УВЧ и ВЧ (эти данные приведены в таблице).

Диапазон радиоволн	Пороги теплового эффекта, *в/м*	Плотность энергии $\times 10^6$, *эрг/см*^{3}	Диапазон радиоволн	Пороги теплового эффекта, *мвт/см*^{2}	Плотность энергии $\times 10^6$, *эрг/см*^{3}
Средний	8000	2830	Дециметровый	выше 40	13,2
Короткий . . .	2250	224	Сантиметровый	10	3,3
Ультракороткий	150	0,995	Миллиметровый	7	2,31

Для наглядности пороги теплового эффекта, выраженные в зависимости от диапазона в различных единицах, приведены в величинах плотности энергии (*эрг/см*^{3}).

Из таблицы следует, что с увеличением частоты (укорочение длины волны) величина пороговой плотности энергии снижается монотонно вплоть до микроволн, за исключением диапазона УКВ.

Однако энергетические показатели поля (плотность потока мощности или плотность энергии) далеко не полностью определяют величину поглощенной данным биообъектом энергии. Эта величина зависит от многих факторов (длина волны, форма и размеры объекта и его электрические свойства, структура электромагнитного поля в месте помещения объекта и ориентация его, наличие отражающих поверхностей и предметов, подвижность объекта и т. д.). Расчеты ряда авторов [85, 117, 137] показывают, что величина энергии, поглощаемой объектом в поле плоской волны (при неизменной ориентации объекта и интенсивности поля), с увеличением частоты сначала монотонно растет, затем резко меняется (когда размеры объекта составляют 0,05—0,5 длины волны), после чего практически остается постоянной.

Хотя наши опыты не находились в строгом соответствии с условиями, для которых проведены расчеты (отсутствие плоского однородного поля, наличие отражающих поверхностей, часть опытов проведена в резонаторе или конденсаторе, непосредственно не определялась эффективная поглощающая поверхность объекта), тем не менее результаты их качественно согласуются. При этом предполагалось, что прирост температуры тела животного связан с величиной поглощенной энергии.

Результаты, полученные в диапазоне УКВ, нельзя объяснить; однако можно предположить, что либо соизмеримость размеров объекта (крысы) с длиной волны, либо возможные резонансные эффекты в гетерогенных структурах и макромолекулах [57, 85, 117, 138, 141] определяют специфичность этого диапазона. Учитывая большую глубину проникновения УКВ и интенсивное поглощение этих волн биообъектами, необходимо особое внимание уделить в дальнейшем диапазону УКВ.

Выявлены некоторые общие черты и особенности в реакциях организма на действие радиоволн различных диапазонов.

Общим в реакции организма на действие различных диапазонов радиоволн малой интенсивности является высокая чувствительность нервной системы к этому фактору. Об этом свидетельствуют результаты исследования биоэлектрической активности мозга, проведенные нашей лабораторией (И. Н. Зенина, В. И. Зак) совместно с группой сотрудников профессора М. Н. Ливанова (З. М. Гвоздикова, В. М. Ананьев, Ю. А. Холодов), а также данные клинических исследо-

ваний людей, подвергавшихся хроническому действию радиоволн (Э. А. Гинзбург, М. Н. Садчикова).

Комплекс работ, выполненных электроэнцефалографическим методом, позволил выявить общие закономерности в реакции центральной нервной системы на электромагнитное облучение.

Прежде всего обращает на себя внимание тот факт, что центральная нервная система реагирует на интенсивности облучения, лежащие значительно ниже теплового порога и порога реакций других систем. Высокой чувствительностью центральной нервной системы к электромагнитным полям радиочастот объясняется и тот факт, что в ряде случаев изменения ЭЭГ опережают появление других клинических симптомов хронического воздействия электромагнитных волн, а выраженной картине клинического воздействия микроволн соответствуют четкие изменения корковой электрической активности.

Наблюдается определенная зависимость между выраженностью реакции центральной нервной системы и интенсивностью и длительностью воздействия СВЧ в эксперименте (З. М. Гвоздикова и др., И. Н. Зенина) и стадией клинической картины заболевания (Э. А. Гинзбург и М. Н. Садчикова).

В клинике (особенно в начальных стадиях воздействия) и в эксперименте (в хроническом опыте) имеют место скрытые изменения состояния центральной нервной системы, выявляемые функциональной нагрузкой.

Как показали экспериментальные данные, характер изменений ЭЭГ не зависит от диапазона волн и интенсивности облучения. Наиболее часто отмечается изменение амплитудной характеристики: увеличение амплитуды медленных ритмов (З. М. Гвоздикова и др., Ю. А. Холодов, И. Н. Зенина, К. В. Никонова) или частых ритмов (И. Н. Зенина). В клинике на ЭЭГ больных с выраженными и умеренно выраженными явлениями хронического воздействия наиболее часто наблюдается появление тета- и дельта-волн высокой амплитуды и увеличение амплитуды альфа-ритма при высоком альфа-индексе.

Общим для всех исследований в области микроволн является наличие в ряде случаев пароксизмальной биоэлектрической активности: в остром эксперименте — судорожные разряды типа стрихнинных пиков (Ю. А. Холодов) и острые волны (И. Н. Зенина); в хроническом эксперименте — множественные и одиночные высокоамплитудные острые волны и пики, гиперсинхронизированные волны (И. Н. Зенина); в клинике — вспышки заостренных и гиперсинхронных тета- и дельта-волн (Э. А. Гинзбург, М. Н. Садчикова). Но особенно часто пароксизмальная биоэлектрическая активность возникает при сенсорной провокации (гипервентиляция, фотостимуляция) и при повышении чувствительности к микроволнам корково-подкорковых структур (после введения кофеина или перерезки на уровне среднего мозга в эксперименте).

Таким образом, электроэнцефалография является одним из методов исследования, который позволяет подойти к выявлению пороговых реакций центральной нервной системы на воздействие радиоволн и проследить их в динамике хронического действия.

Проследить динамику функциональных изменений центральной нервной системы при хроническом действии разных диапазонов микроволн малой интенсивности мы имели возможность, исследуя высшую нервную деятельность животных. Прежде всего необходимо отметить, что конечным итогом хронического действия радиоволн исследованных диапазонов является ослабление раздражительного процесса и нарастание запредельного торможения в центральной нервной системе: выпадение условных рефлексов, увеличение латентного периода, нарушение

силовых взаимоотношений в коре головного мозга (Е. А. Лобанова).

Выраженных изменений условнорефлекторной деятельности у животных, подвергавшихся хроническому воздействию ВЧ, выявлено не было (К. В. Никонова).

Уменьшение силы реакции, увеличение латентного периода у животных, обладающих повышенной чувствительностью к звуковому раздражителю, выявленные (И. А. Кицовская) при действии радиоволн различных диапазонов, указывают на изменения процессов возбуждения и торможения.

О некоторых сдвигах в нейрогуморальных процессах может говорить снижение активности холинэстеразы в сыворотке крови и органах облученных животных (С. В. Никогосян).

Наконец, морфологические и гистохимические исследования нервной системы при хроническом действии микроволн малой интенсивности (М. С. Толгская, З. В. Гордон) свидетельствуют о выраженных явлениях раздражения в особо чувствительных образованиях различных разделов нервной системы, начиная с периферических рецепторов и интерорецепторов и кончая синаптическим рецепторным аппаратом коры головного мозга. Эти явления раздражения рецепторных аппаратов функциональны, обратимы и исчезают после прекращения облучения.

Подобные функциональные обратимые изменения обнаруживаются также при гистохимических исследованиях нервной системы в виде нарушения содержания нуклеопротеидов в клетках.

Свидетельством высокой чувствительности нервной системы к изучаемому фактору являются данные клинико-физиологических исследований работающих с источниками радиоволн. Клинический синдром хронического действия радиочастот, описанный клиникой нашего института под руководством Э. А. Дрогичиной (М. Н. Садчикова, А. А. Орлова, К. В. Глотова, Е. Н. Хмара, С. Ф. Белова, В. В. Соколов, Н. М. Чулина, И. А. Гельфон и др.), в своей основе имеет ваготоническую направленность вегетативных и сердечно-сосудистых реакций, истощающее влияние фактора на высшие отделы центральной нервной системы, что приводит к астеническим реакциям, а при тяжелых формах заболеваний — к диэнцефальным явлениям.

Таким образом, чувствительность нервной системы к воздействию электромагнитных волн радиочастот можно было проследить с помощью всех использованных нами методов исследования.

Реакция организма на воздействие радиоволн различных диапазонов (особенно микроволн) часто протекает двуфазно.

Первая фаза изменений характеризуется повышением возбудимости, лабильности нервной системы, активности холинэстеразы в сыворотке крови, гипертензией, стимуляцией развития животных. Однако стимулирующее действие микроволн на организм нельзя рассматривать как положительный эффект, так как наряду с перечисленными явлениями наблюдается ослабление активного торможения, последовательная депрессия и т. п. Первая фаза действия микроволн кратковременна и наиболее отчетливо проявляется при действии миллиметровых волн (условные рефлексы, холинэстераза). Эта фаза иногда полностью выпадает при действии дециметровых и 10-*см* волн.

Вторая фаза проявляется в угнетении различных функций организма. Характер изменений в этой фазе носит черты астенического синдрома: падение возбудимости центральной нервной системы и ее чувствительности к экстероцептивному раздражению, снижение работоспособности корковых клеток, глубокое последовательное торможение, снижение активности холинэстеразы в крови, органах и центральной нервной системе, гипотензивный эффект, угнетение развития животных. Часто

между фазами улавливается волнообразное течение реакции, свидетельствующее, по-видимому, о степени выраженности компенсаторных реакций. Фаза угнетения, чаще всего выраженная, несмотря на возможную обратимость функциональных сдвигов, рассматривается нами как результат неблагоприятного действия радиоволн на организм. Экспериментальные данные находят свое подтверждение и в клиническом синдроме.

Общим для исследованных диапазонов волн является также кумуляция биологического эффекта, выявленная нами (1957 г.) для сантиметровых волн, нашедшая подтверждение (1960 г.) для других диапазонов микроволн (дециметровых и миллиметровых), а также для среднего диапазона при длительном облучении малыми интенсивностями. Особое значение приобретает кумуляция биологического действия для гигиенического нормирования допустимых величин интенсивности облучения. Наличие на определенных этапах реакции организма явлений временной нормализации исследуемых функций (которые выявлены нами на основании экспериментальных и клинико-физиологических исследований) не может смягчающе влиять на гигиенические требования к нормам вследствие суммирования биологического эффекта при хроническом действии малых интенсивностей облучения.

Общее явление представляет собой обратимость функциональных сдвигов после прекращения действия радиоволн.

Снижение содержания рибонуклеопротеидов в клетках, обнаруженное гистохимическим методом, подтверждается биохимическими исследованиями (С. В. Никогосян), показавшими снижение содержания РНК в органах облученных животных. Изменение содержания белка и белковых фракций в сыворотке крови экспериментальных животных (С. В. Никогосян) и людей, работающих в условиях воздействия радиоволн (И. А. Гельфон, М. Н. Садчикова), повышение содержания гистамина в крови (И. А. Гельфон), снижение содержания хлоридов (Н. К. Бялко и М. Н. Садчикова), изменение кальциевого аппетита у животных (В. В. Кулакова) свидетельствуют о некоторых сдвигах в обменных процессах, наступающих при воздействии микроволн.

Особенности действия радиоволн на организм и в первую очередь на нервную систему проявляются в различной степени выраженности и характере течения реакции организма, что определяется диапазоном волн, интенсивностью и длительностью воздействия.

Наиболее биологически активными являются микроволны. Так, например, в диапазоне микроволн более выраженная реакция центральной нервной системы и ее высших отделов наблюдается при действии дециметровых и 10-*см* волн; морфологические изменения рецепторного аппарата кожи выражены при облучении миллиметровыми волнами, в то время как явления раздражения интероцептивных образований резче проявляются при действии дециметровых волн.

Снижение уровня кровяного давления наступает раньше и носит более выраженный характер при действии 3-*см* и миллиметровых волн.

Небольшие изменения эстрального цикла у облученных самок мышей и снижение веса их потомков требуют продолжения и расширения исследований половой функции животных при воздействии микроволн, что нами предпринимается.

Анализируя всю сумму биологических реакций, возникающих в результате хронического действия радиоволн и особенно микроволн малой интенсивности, представляется возможным говорить о преобладающем значении нарушений центральной нервной системы и опосредованном влиянии на различные системы и функции организма (кровяное давление, некоторые обменные процессы, половая функция и др.).

Допустимо предположить, что действие микроволн на центральную нервную систему может осуществляться как непосредственным путем — на структуры мозга, так и рефлекторной передачей импульсов с рецепторных приборов. Можно думать, что в механизме действия определенная роль принадлежит нейрогуморальным факторам.

Тот или иной механизм действия преобладает, очевидно, в зависимости от диапазона волн.

С целью выяснения характера биологического действия радиоволн на организм все наши экспериментальные исследования до настоящего времени были направлены на изучение только этого фактора, и в этом плане достигнуты определенные результаты. Однако реальные производственные условия связаны с возможностью комбинированного действия ряда факторов (мягкого рентгеновского излучения, ионизирующей радиации, метеорологического и др.). Поэтому возникает необходимость изучения комбинированного действия радиоволн и других производственных факторов среды.

Представленные в сборнике материалы подытоживают этап исследований в области гигиены труда и биологического действия радиоволн, подтверждают ранее рекомендованные нормативы, вносят новые рекомендации по нормативам (миллиметровые волны, средние волны по магнитной составляющей) и дают основание для нормирования во вновь изучаемых диапазонах (КВ и УКВ). Дальнейшие исследования представляется целесообразным вести в следующих направлениях:

— Изучение действия малых интенсивностей облучения (слабых раздражителей), что потребует применения тонких биологических методов исследования и позволит на более высоком теоретическом уровне решать вопросы гигиенического нормирования и механизма действия радиоволн.

— Расширение исследований в области патогенеза и клиники воздействия облучения малыми интенсивностями.

— Особое внимание должно быть уделено комбинированному действию радиоволн с фактором нерадиоволновой природы (мягкий рентген, ионизирующая радиация, метеорологический фактор и др.).

— Необходимо больше внимания уделить изучению влияния радиоволн различных диапазонов на половую функцию и потомство облученных организмов.

Е. А. ЛОБАНОВА

УДК 591.48 : 538.569

ИЗМЕНЕНИЯ УСЛОВНОРЕФЛЕКТОРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЖИВОТНЫХ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ МИКРОВОЛН РАЗЛИЧНЫХ ДИАПАЗОНОВ

Приведены результаты исследования условнорефлекторной деятельности животных (белых крыс) при хроническом воздействии импульсных миллиметровых, сантиметровых и дециметровых волн малой интенсивности (10 *мвт/см*²).

Установлено наличие двух фаз в изменениях условнорефлекторной деятельности при облучении: первой фазы — повышение возбудимости центральной нервной системы и ослабление активного торможения — и второй фазы — ослабление процесса возбуждения и развитие запредельного торможения. Наиболее отчетливые изменения возникают при действии сантиметровых и дециметровых волн. Высказывается предположение, что в основе некоторых различий в изменениях условнорефлекторной деятельности при воздействии микроволн различных диапазонов лежат особенности поглощения и распределения энергии их в тканях организма.

Литература, посвященная вопросам воздействия электромагнитных волн на высшую нервную деятельность, весьма малочисленна и в большей части противоречива, что, очевидно, можно объяснить различиями в способах облучения и в дозировке энергии, различным временем воздействия, а также видом животных, используемых в экспериментах, и т. д. Эти работы были выполнены в основном в диапазоне УКВ [50, 86, 123 и др.].

Большинство авторов приводит данные, свидетельствующие об угнетающем действии электрического поля УВЧ на условнорефлекторную деятельность животных.

Имеются отдельные исследования условнорефлекторной деятельности животных, проведенные в диапазоне СВЧ. Так, А. Г. Суббота (1958 г.) при однократном и повторном облучении собак сантиметровыми волнами различной интенсивности наблюдал стимулирующее действие малых интенсивностей на высшую нервную деятельность и угнетающее действие больших интенсивностей. Автор указывает, что характер сдвигов высшей нервной деятельности при облучении определялся исходным функциональным состоянием центральной нервной системы.

С. Ф. Городецкая (1960 г.) изучала условнорефлекторную деятельность мышей при воздействии 3-*см* волн большой интенсивности. На следующий день после облучения наблюдалось изменение величины условных рефлексов, частое растормаживание дифференцировки, нарушение силовых отношений в коре головного мозга.

З. П. Светлова (1962 г.) исследовала условные и безусловные рефлексы у собак (по слюнно-пищевой методике) после однократных и повторных воздействий волн дециметрового диапазона малой интенсивности. При этом отмечались волнообразные сдвиги в условнорефлекторной деятельности и нарушения силовых отношений после повторных облучений. При однократных облучениях наблюдалось угнетение условных

И. А. КИЦОВСКАЯ

УДК 591.48 : 538.569

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ МИКРОВОЛН РАЗНЫХ ДИАПАЗОНОВ НА НЕРВНУЮ СИСТЕМУ КРЫС, ЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ К ЗВУКОВОМУ РАЗДРАЖИТЕЛЮ

Под влиянием микроволн различных диапазонов (дециметрового, 10-*см*, 3-*см* и миллиметрового) у животных было выявлено понижение чувствительности к звуковому раздражителю, проявляющееся главным образом в ослаблении силы звонковой реакции. В основе этих изменений лежит понижение возбудимости центральной нервной системы и ослабление тормозного процесса. Сравнительная оценка воздействия микроволн данных диапазонов указывает, что наиболее биологически активным является дециметровый диапазон, далее 10-*см*, а затем 3-*см* и миллиметровый.

Изменения, возникающие в нервной системе под влиянием облучения микроволнами, проявляются главным образом в ее угнетении. Об этом свидетельствуют исследования условнорефлекторной деятельности животных, указывающие на понижение работоспособности клеток коры головного мозга (Лобанова Е. А.) [54], и явления астенического синдрома у людей, подвергающихся на производстве воздействию микроволн [23]. Однако вопрос о сдвигах в основных нервных процессах, определяющих изменения в нервной системе, до сих пор еще полностью не решен. В связи с этим представлялось необходимым провести исследования, которые позволили бы выяснить влияние микроволн на процессы торможения и возбуждения.

Удобным объектом для этих исследований явились крысы, чувствительные к звуковому раздражителю. Так как эти животные обладают повышенной возбудимостью, то следовало ожидать, что угнетающее влияние облучения на их нервную систему проявится наиболее отчетливо.

Основной задачей этой работы явилось изучение изменения реакции животных на звуковой раздражитель при облучении микроволнами различных диапазонов (дециметрового, 10- и 3-*см* и миллиметрового) интенсивностью 10 *мвт/см*^{2}.

Для этой цели был использован метод звукового раздражения, усовершенствованный Л. В. Крушинским [39—42].

Все животные были разделены на пять групп.

До облучения была установлена типичная для каждого из животных реакция на звуковой раздражитель, после чего животные подопытных групп подвергались ежедневному облучению и периодическому исследованию реакции. Экспозиция каждого сеанса облучения 1 *ч*. Исследования реакции в ответ на звуковой раздражитель продолжались и после прекращения облучения. Методика исследования влияния облучения на реакцию крыс в ответ на звуковой раздражитель более подробно описана нами в работе [35].

З. В. ГОРДОН

УДК 591.41 : 538.569

ВЛИЯНИЕ МИКРОВОЛН НА УРОВЕНЬ КРОВЯНОГО ДАВЛЕНИЯ В ЭКСПЕРИМЕНТЕ НА ЖИВОТНЫХ

Установлено, что характерной реакцией сосудистой системы на воздействие микроволн является гипотензивный эффект; выраженность и время появления его зависят от диапазона волн и интенсивности облучения: при ППМ=10 *мвт/см*^{2} наиболее выраженное и рано наступающее снижение кровяного давления отмечено при воздействии миллиметровых и 3-*см* волн, 10-*см* и дециметровые волны вызывают 2-фазное течение реакции (сначала повышение, затем снижение). Выраженность гипотензивного эффекта при воздействии 10-*см* волн в импульсном и непрерывном режиме генерации одинакова, однако имеются некоторые различия в течении реакции; восстановление кровяного давления после прекращения облучения происходит спустя 8—10 недель.

Как нами уже сообщалось (1960 г.), у животных, подвергавшихся длительному воздействию сантиметровых волн различной интенсивности, наблюдается понижение уровня кровяного давления. Настоящая работа является продолжением исследований прошлых лет и ставит своей целью выяснить характер изменений уровня кровяного давления при действии волн других диапазонов (миллиметровых и дециметровых) в режиме импульсной модуляции.

Представлялось также целесообразным провести в одном из диапазонов микроволн (10-*см*) исследования при облучении в режиме непрерывной генерации энергии.

Животные (136 белых крыс весом 140—160 *г*) подвергались воздействию миллиметровых и дециметровых волн интенсивностью 1—10 *мвт/см*^{2} на протяжении шести-восьми месяцев по часу ежедневно. Измерение общего кровяного давления производилось бескровно с помощью плетизмометрического метода (А. Х. Коган, 1959).

На протяжении двух-трех месяцев у животных устанавливался исходный уровень кровяного давления. В первый месяц облучения измерения производились каждые один-три дня, а начиная со второго месяца — каждые две недели; по прекращении облучения (восстановительный период) — через те же интервалы времени.

Результаты исследований приводятся в табл. 1, в которую для сравнения включены данные исследования сантиметрового диапазона волн.

Снижение уровня кровяного давления у облученных животных по сравнению с контрольной группой имеет место при действии микроволн всего диапазона различной интенсивности. Эти данные статистически достоверны ($p<0{,}01$ или $0{,}02>p>0{,}01$), исключением являются статистически недостоверные результаты облучения 3-*см* волнами интенсивностью 1 *мвт/см*^{2} ($p>0{,}3$).

Однако характер течения сосудистой реакции на протяжении длительного периода облучения, выраженность гипотензивного эффекта и

Е. А. ЛОБАНОВА

УДК 591.4 : 538.569

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОЙ РЕАКЦИИ ЖИВОТНЫХ НА ВОЗДЕЙСТВИЕ МИКРОВОЛН РАЗЛИЧНЫХ ДИАПАЗОНОВ

Исследовалась температурная реакция животных (белых крыс) при облучении их миллиметровыми, сантиметровыми и дециметровыми волнами интенсивностью 10 и 40 *мвт/см*². Установлено, что при интенсивности облучения 10 *мвт/см*² повышение температуры тела имело место только при воздействии миллиметровых волн. При интенсивности облучения 40 *мвт/см*² повышение температуры тела отмечалось в миллиметровом и сантиметровом диапазонах.

За последние 10 лет в отечественной и зарубежной литературе появилось много работ, посвященных исследованию биологического действия микроволн, главным образом в плане терапевтического их действия. Поэтому понятно, что внимание уделялось в основном изучению температурной реакции животных и человека на местное облучение.

В этой связи приобретают большое значение исследования температурной реакции при общем облучении, установление интенсивностей облучения электромагнитных полей, не вызывающих подъема температуры тела, и изучение в дальнейшем других реакций организма на облучение. Особый интерес представляет проведение подобных исследований в различных диапазонах и сравнение полученных данных.

Имеется сравнительно большое число работ, указывающих на тепловое действие 3- и 10-*см*, дециметровых и метровых волн. Из этих работ вытекает, в частности, что определенные интенсивности воздействия волн указанных диапазонов вызывают повышение температуры тела, кожи и подкожных слоев у животных и человека. Что касается диапазона миллиметровых волн, то литературным материалом в этой области мы не располагаем.

Часто результаты исследований как в одном, так и в разных диапазонах оказываются несравнимыми из-за различных условий опытов (различные виды излучателей, мощности генераторных установок, длительность облучения и т. д.). Поэтому основным требованием при проведении настоящего исследования в разных диапазонах микроволн было создание одинаковых условий облучения по времени и интенсивности воздействия при прочих равных условиях.

В результате исследований температурной реакции животных, проведенных нами в предыдущие годы, было установлено, что при воздействии импульсных и непрерывных 10-*см* волн температурная реакция животных (белых крыс) зависит от интенсивности облучения, с уменьшением которой снижается прирост температуры тела. Установлено также, что интенсивность сантиметровых волн 10 *мвт/см*² не вызывает повышения температуры тела животных. К подобному выводу пришел в своей работе Н. В. Тягин [109].

М. С. ТОЛГСКАЯ, З. В. ГОРДОН

УДК 591.4 : 538.569

СРАВНИТЕЛЬНАЯ МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДЕЙСТВИЯ МИКРОВОЛН РАЗЛИЧНЫХ ДИАПАЗОНОВ

Производилось сравнительное изучение морфологических изменений в органах и тканях животных при облучении микроволнами миллиметрового, сантиметрового и дециметрового диапазонов разной интенсивности. Наряду с общими закономерностями наблюдались также различия, характерные для действия отдельных диапазонов микроволн. Различия в действии различных диапазонов микроволн наиболее отчетливо выражены при длительном повторном облучении микроволнами малой интенсивности. Можно предположить, что миллиметровые волны поглощаются в поверхностных слоях кожи и все дистрофические изменения во внутренних органах связаны с нервнорефлекторным механизмом, в то время как дециметровые волны, проникая глубже, могут оказывать и непосредственное действие на внутренние органы и мозг, оставляя интактной кожу. Сантиметровые волны, частично поглощаясь кожей, могут вызвать в ней изменения, а также и изменения в более глубоко расположенных тканях.

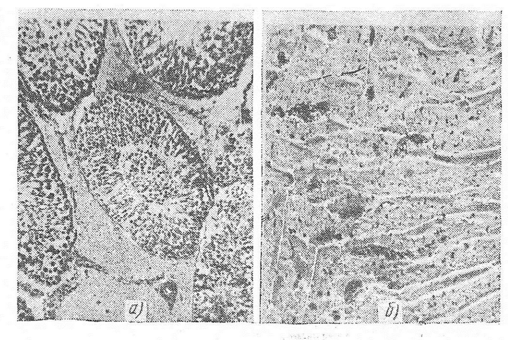
Рассматриваемые в настоящем сборнике экспериментальные исследования показали, что микроволны различных диапазонов вызывают изменения в центральной нервной системе, некоторые биохимические сдвиги, изменение уровня кровяного давления и др. Необходимо подчеркнуть, что имеются некоторые особенности в действии отдельных диапазонов микроволн.

Представляло интерес сопоставление морфологических изменений в миллиметровом, сантиметровом и дециметровом диапазонах. Целесообразно было провести сравнение двух основных серий опытов: острого — однократного воздействия большой интенсивности и длительного повторного облучения малой интенсивности.

В первой серии морфологическим исследованиям подвергались органы и ткани 50 животных, облученных микроволнами интенсивностью от 40 до 100 *мвт/см*^{2}, которые погибали с выраженными явлениями перегрева.

При морфологическом исследовании во всех внутренних органах и нервной системе наблюдаются значительные сосудистые расстройства, заключающиеся в резком полнокровии, выраженном периваскулярном и перицеллюлярном отеке и множественных мелких кровоизлияниях в мозгу, миокарде, печени, почках, яичках и стенке кишечника (рис. 1). Сосудистые расстройства сопровождаются нерезко выраженной белковой дистрофией эпителия извитых канальцев почек и печеночных клеток (изредка жировой дистрофией печеночных клеток).

Во всех диапазонах волн наблюдаются неравномерное окрашивание и фрагментация мышечных волокон миокарда, острое набухание нервных клеток различных отделов мозга. В отдельных случаях отмечается некроз семяродного эпителия в яичках, который был выражен при действии сантиметрового и особенного миллиметрового диапазонов (рис. 2).



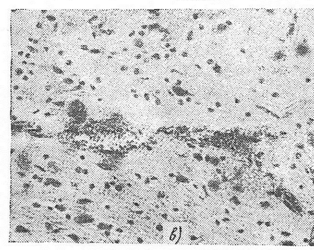


Рис. 1. Сравнительная характеристика различных диапазонов микроволн. Однократное облучение большими интенсивностями: *а* — облучение миллиметровыми волнами. Множественные кровоизлияния в строме семенника (гематоксилин-эозин); *б* — облучение сантиметровыми волнами. Множественные кровоизлияния в миокарде (гематоксилин-эозин); *в* — облучение дециметровыми волнами. Множественные кровоизлияния в мозгу (гематоксилин-эозин)





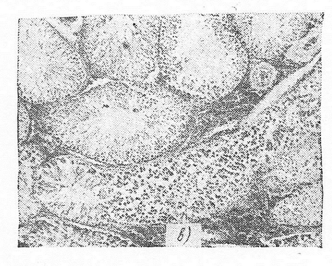


Рис. 2. Сравнительная характеристика различных диапазонов микроволн. Однократное облучение большими интенсивностями. *а* — облучение миллиметровыми волнами. Некроз одной трубочки семенника под капсулой (гематоксилин-эозин); *б* — облучение сантиметровыми волнами. Выпадение белковых масс в просвет одной трубочки, некроз семяродного эпителия в семеннике (гематоксилин-эозин); *в* — облучение дециметровыми волнами. Множественные кровоизлияния в семеннике (гематоксилин-эозин)

Сосудистые расстройства для всех диапазонов волн в основном одинаковы.

На фоне выраженных сосудистых расстройств дистрофические изменения в нервной системе и внутренних органах нерезко выражены. Это, по-видимому, объясняется тем, что они не успевают развиться вследствие быстрого наступления смертельного исхода и обычными морфологическими методами слабо улавливаются.

Применение тонких гистологических методов (изучение рецепторов и межнейронных связей в мозгу), а также гистохимических методов исследования позволило выявить более выраженные изменения во внутренних органах и нервной системе.

Изменения в межнейронных связях коры головного мозга заключаются в исчезновении шипиков на верхушечных дендритах пирамидных нервных клеток и появлении четок на них, а иногда в распаде их на фрагменты. Эти изменения одинаково выражены во всех диапазонах микроволн.

Рецепторный и интерорецепторный аппараты рецепторных зон (миокард, кожа уха и бедра, аорта, пищевод, кишка, желудок, мочевой пузырь) имеют явные признаки раздражения и дистрофии в виде переимпрегнации, появления четок и извитости на нервных волокнах, вплоть до распада их на фрагменты.

В поражении рецепторного и интерорецепторного аппаратов ясно проявляются характерные особенности для различных диапазонов волн. При действии сантиметрового и особенно миллиметрового диапазона наиболее резкие изменения обнаружены в рецепторном аппарате кожи, в то время как при действии дециметрового диапазона рецепторный аппарат кожи не изменен (рис. 3).

Интерорецепторный аппарат внутренних органов наиболее резко поражается при действии дециметровых волн.

Гистохимическое исследование показывает уменьшение содержания рибонуклеопротеидов в протоплазме клеток многих внутренних органов и нервной системы. Содержание дезоксирибонуклеопротеидов более устойчиво.

Следует отметить более выраженные гистохимические изменения в коже (уменьшение количества рибонуклеопротеидов в эпидермисе и его дериватах) по сравнению с изменениями во внутренних органах, при действии миллиметрового и отчасти сантиметрового диапазонов, что не отмечается в дециметровом диапазоне (рис. 4).

При однократном облучении микроволнами большой интенсивности не наблюдается пролиферативная реакция гистиоцитарных элементов во внутренних органах и микроглии в мозгу. По-видимому, эта компенсаторно-приспособительная реакция угнетается воздействием микроволн большой интенсивности.

Вторая серия опытов проведена на 115 животных, подвергнутых многократному облучению микроволнами малой интенсивности (1—10 *мвт/см*^{2}) по часу ежедневно на протяжении 5—9 месяцев. Животные переносили облучение хорошо, явления перегревания отсутствовали. Однако отмечалось небольшое отставание в весе облученных животных от контрольных и некоторые функциональные сдвиги (см. настоящий сборник).

При морфологическом исследовании группы животных, подвергнутых воздействию микроволн интенсивностью до 10 *мвт/см*^{2} и забитых через 4—5 месяцев методом декапитации, обычными морфологическими методами сосудистых расстройств и дистрофических изменений не выявлено. При более тонком морфологическом и гистохимическом исследовании органов животных обнаружены выраженные явления раздражения

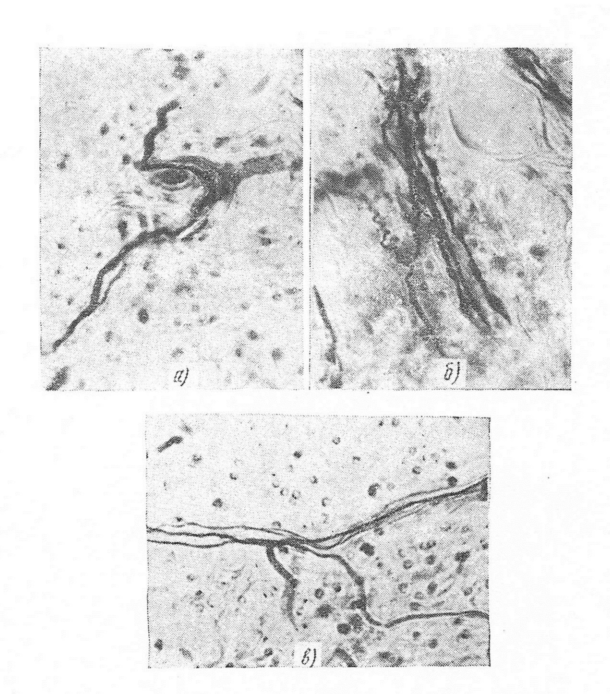


Рис. 3. Сравнительная характеристика различных диапазонов микроволн. Однократное облучение большими интенсивностями:

а — облучение миллиметровыми волнами. Резкая переимпрегнация и четковидная деформация рецептора кожи (Бильшовский-Гросс); *б* — облучение сантиметровыми волнами. Переимпрегнация, четковидная деформация и извитость рецепторов кожи (Бильшовский-Гросс); *в* — облучение дециметровыми волнами. Нежная сеть тонких неизмененных рецепторов кожи (Бильшовский-Гросс)

рецепторного и интерорецепторного аппаратов в виде извитости, переимпрегнации и четковидной деформации нервных волоконец.

Следует отметить, что при малой интенсивности облучения (так же как и при большой) наблюдались некоторые особенности, характерные для каждого диапазона волн. При действии сантиметрового и особенно миллиметрового диапазонов наибольшие изменения были обнаружены в рецепторах кожи, в то время как при действии дециметрового диапазона рецепторы кожи не были изменены (рис. 5).

Отмечалась четковидная деформация верхушечных дендритов пирамидных нейронов коры, одинаково выраженная во всех диапазонах волн. Наблюдалось уменьшение содержания рибонуклеопротеидов в протоплазме клеток внутренних органов, кожи и нервной системы. Уменьшение содержания рибонуклеопротеидов в эпидермисе кожи и его дериватах наиболее резко выражены при действии сантиметрового и особенно

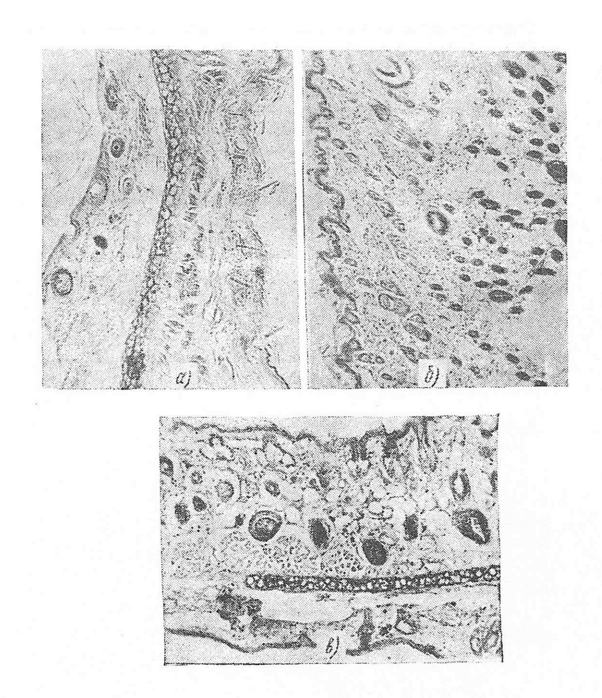


Рис. 4. Сравнительная характеристика различных диапазонов микроволн. Однократное облучение большими интенсивностями:
а — облучение миллиметровыми волнами. Резкое уменьшение содержания рибонуклеопротеидов в клетках верхних слоев эпидермиса кожи (реакция Браше); *б* — облучение сантиметровыми волнами. Уменьшение содержания рибонуклеопротеидов в верхних слоях эпидермиса с сохранением рибонуклеопротеидов в глубоких слоях эпидермиса (реакция Браше); *в* — облучение дециметровыми волнами. Нормальное содержание рибонуклеопротеидов в эпидермисе кожи и его дериватах (реакция Браше)

миллиметрового диапазонов, при сохранности нормального количества рибонуклеопротеидов в коже в случае дециметровых волн (рис. 6).

Сказанное выше свидетельствует о том, что гистохимические методы, а также тонкие методы исследования нервной системы позволяют обнаружить начальные функциональные сдвиги в тонких образованиях нервной системы и белковом обмене клеток, что обычными морфологическими методами обнаружить не удается.

Следует подчеркнуть, что при облучении миллиметровыми волнами обнаруживаются преимущественное поражение рецепторов кожи и гистохимические изменения в ней. Облучение сантиметровыми волнами вызывает также значительные гистохимические изменения и изменения рецепторного аппарата кожи, интерорецепторного аппарата и межней-

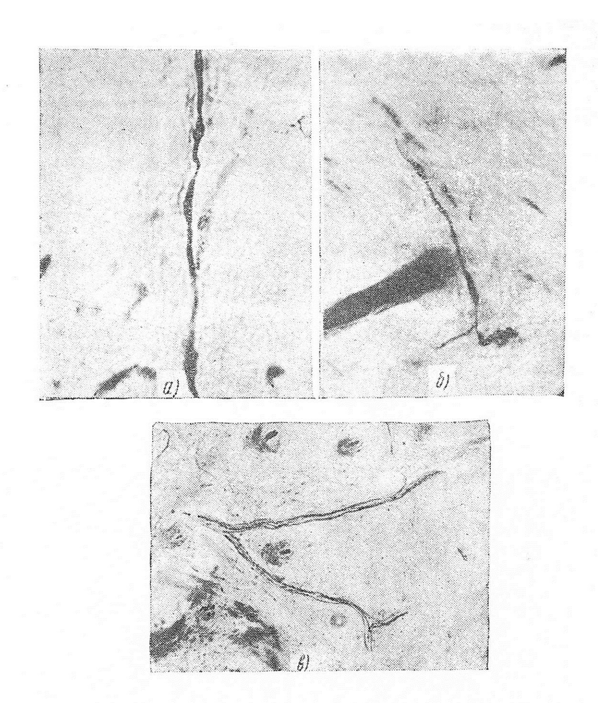


Рис. 5. Сравнительная характеристика различных диапазонов микроволн. Многократное облучение малыми интенсивностями:

а — облучение миллиметровыми волнами. Четковидная деформация и переимпрегнация рецептора кожи (Бильшовский-Гросс); *б* — облучение сантиметровыми волнами. Переимпрегнация и четковидная деформация рецептора кожи (Бильшовский-Гросс); *в* — облучение дециметровыми волнами. Тонкие нежные, неизмененные рецепторы кожи (Бильшовский-Гросс)

ронных связей коры головного мозга. Воздействие дециметрового диапазона вызывает преимущественное поражение интерорецепторного аппарата внутренних органов при отсутствии изменений в рецепторном аппарате кожи, что соответствует и бо́льшим морфологическим изменениям во внутренних органах при исследовании материала обычными морфологическими методами (см. ниже).

При более длительном воздействии (до девяти месяцев) к вышеуказанным изменениям присоединяются небольшие дистрофические изменения в виде мутного набухания и единичных вакуолей в протоплазме отдельных нервных клеток коры и таламо-гипоталамической области мозга, пикноморфного сморщивания отдельных клеток коры головного мозга, небольшой белковой дистрофии и вакуолизации протоплазмы печеночных клеток и эпителия отдельных извитых канальцев почек.

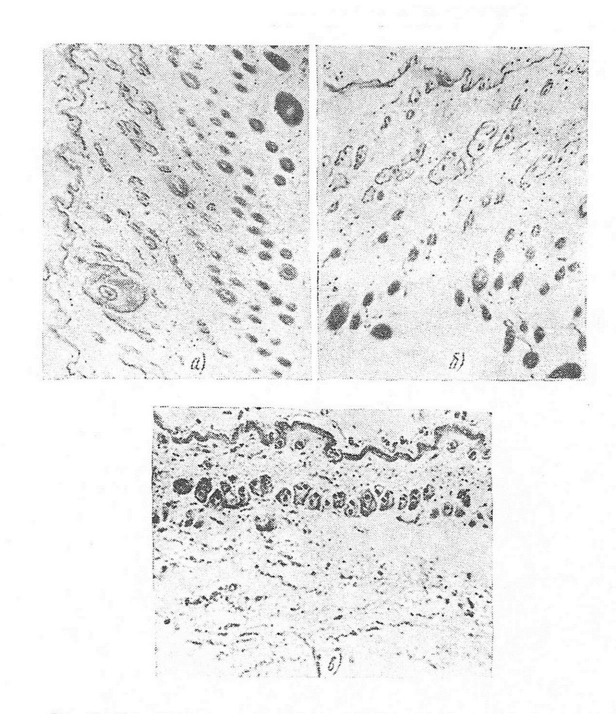


Рис. 6. Сравнительная характеристика различных диапазонов микроволн. Многократное облучение малыми интенсивностями: *а* — облучение миллиметровыми волнами. Уменьшение содержания рибонуклеопротеидов в верхних слоях эпидермиса и его дериватов с сохранением рибонуклеопротеидов в глубоких слоях кожи (реакция Браше); *б* — облучение сантиметровыми волнами. Уменьшение содержания рибонуклеопротеидов в верхних слоях эпидермиса и его дериватов с сохранением рибонуклеопротеидов в глубоких слоях эпидермиса (реакция Браше); *в* — облучение дециметровыми волнами. Нормальное содержание рибонуклеопротеидов в эпидермисе кожи и его дериватах (реакция Браше)

У некоторых животных (чаще при действии дециметрового диапазона) наблюдается жировая дистрофия отдельных групп печеночных клеток. В миокарде выявлено набухание и неравномерное окрашивание мышечных волокон, в яичках (в некоторых трубочках) — распад и слущивание семяродного эпителия (чаще при действии миллиметрового диапазона).

На фоне небольших дистрофических изменений в нервных клетках отмечается размножение микроглии в мозгу с небольшими дистрофическими изменениями отдельных микроглиоцитов при действии дециметровых волн (рис. 7). Обнаружена также пролиферативная гистиоцитарная реакция в печени и почках, доходящая в печени до образования субмилиарных гистиоцитарных узелков, чаще при облучении дециметровыми волнами (рис. 8).

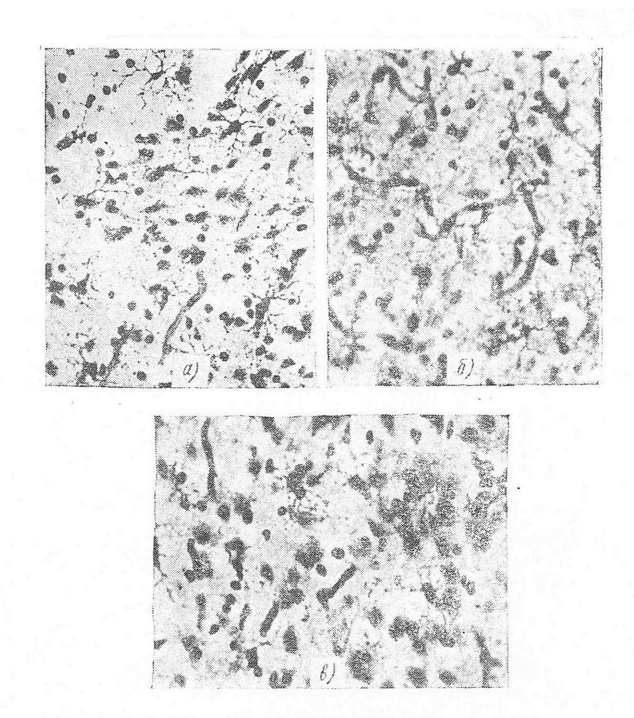


Рис. 7. Сравнительная характеристика различных диапазонов микроволн. Многократное облучение малыми интенсивностями: *а* — облучение миллиметровыми волнами. Очаговая гиперплазия микроглии в мозгу (Мийагава); *б* — облучение сантиметровыми волнами. Гиперплазия микроглии вокруг сосудов мозга (Мийагава); *в* — облучение дециметровыми волнами. Гиперплазия микроглии в мозгу с началом дистрофии отростков микроглиоцитов (Мийагава)

Следовательно, при длительном облучении микроволнами малой интенсивности наблюдаемые незначительные дистрофические изменения (обнаруживаемые обычными морфологическими методами) в нервной системе и внутренних органах сопровождаются пролиферативной, гистиоцитарной реакцией во внутренних органах и размножением микроглии в мозгу, что свидетельствует о компенсаторно-приспособительных процессах в организме.

Сравнение морфологических изменений при длительном повторном воздействии микроволн разных диапазонов малой интенсивности показывает, что дистрофические изменения во внутренних органах, а также явления раздражения тонких интерорецепторных образований более резко выражены при действии дециметровых волн.

При действии 10-*см* волн наряду с преимущественным поражением рецепторов кожи отмечается также поражение интерорецепторного аппарата и межнейронных связей коры головного мозга.

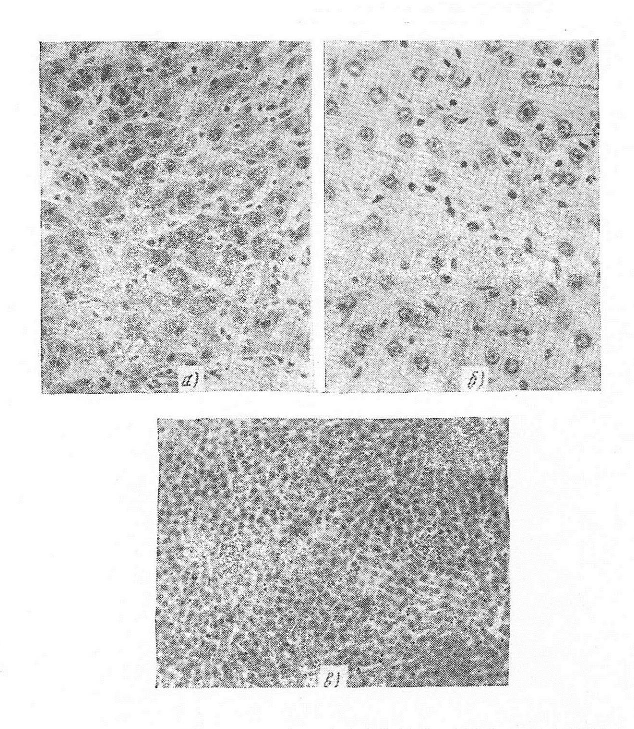


Рис. 8. Сравнительная характеристика различных диапазонов микроволн. Многократное облучение малыми интенсивностями: *а* — облучение миллиметровыми волнами. Размножение ретикулоэндотелиальных элементов в печени (гематоксилин-эозин); *б* — облучение сантиметровыми волнами. Размножение ретикулоэндотелиальных элементов в печени (гематоксилин-эозин); *в* — облучение дециметровыми волнами. Размножение ретикулоэндотелиальных элементов в печени с образованием гистиоцитарных узелков (гематоксилин-эозин)

При действии миллиметровых волн можно отметить, что дистрофические изменения во внутренних органах менее выражены, но гистохимические изменения и изменения рецепторного аппарата кожи более резко выражены в этом диапазоне.

Можно предположить, что миллиметровые волны поглощаются в поверхностных слоях кожи и все дистрофические изменения внутренних органов связаны с нервнорефлекторным механизмом, в то время как дециметровые волны, проникая глубже, могут оказывать и непосредственное действие на внутренние органы и мозг, оставляя интактной кожу. Сантиметровые волны, частично поглощаясь кожей, могут вызывать в ней изменения, а также изменения в более глубоко расположенных тканях.

В. В. СОКОЛОВ, Н. А. ЧУЛИНА

УДК 612.1 : 538.569

СОСТОЯНИЕ ПЕРИФЕРИЧЕСКОЙ КРОВИ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ НА ОРГАНИЗМ РАДИОВОЛН РАЗЛИЧНЫХ ДИАПАЗОНОВ

Дается анализ состояния периферической крови у 498 лиц, подвергавшихся хроническому воздействию электромагнитных волн радиочастот, с интенсивностью, не вызывающей теплового эффекта. Исследования показали, что небольшие интенсивности электромагнитных волн высоких, ультравысоких и сверхвысоких частот сопровождаются однотипными изменениями показателей крови и характеризуют легкие функциональные сдвиги со стороны гемопоэза с наклонностью к цитопении. Динамическое наблюдение за изменениями крови свидетельствует об их лабильности и сравнительно быстрой обратимости.

Специальных исследований, касающихся изучения изменений системы крови при воздействии на организм радиоволн, сравнительно мало. В основном они выполнены на экспериментальном материале. В клинических работах большей частью встречаются краткие упоминания о тех или иных сдвигах показателей периферической крови. Имеющиеся сведения весьма разноречивы, что объясняется различными условиями в постановке опытов, разными экспериментальными объектами, сроками наблюдения, интенсивностью облучения, его продолжительностью и т. п.

В работах [67, 80, 87, 135], посвященных изучению действия ВЧ на организм, имеется описание незначительных сдвигов со стороны белой и красной крови. Они выражаются в умеренном лейкоцитозе или лейкопении, небольших изменениях лейкоцитарной формулы, в повышенном количестве эритроцитов и гемоглобина. В работе С. Гадух и др. (1960 г.) наряду со сдвигами лейкоцитарной формулы при нормальном количестве лейкоцитов у большинства обследованных обнаружена незначительная гипохромная анемия.

При действии на организм УВЧ не найдено сколько-нибудь существенных изменений состава периферической крови [68, 132]. Между тем в работе [37] указывается на уменьшение количества эритроцитов и гемоглобина, а также на тенденцию к лейкопении.

При действии на организм СВЧ отмечается появление в крови эозинофилии и моноцитоза [140, 145]. По данным [114], у лиц, работающих с сантиметровыми волнами, отмечалось увеличение количества эритроцитов и гемоглобина, ретикулоцитоз, тенденция к лейкоцитозу и нейтрофилезу со сдвигом влево, нестойкая тромбопения. По нашим данным (В. В. Соколов, М. Н. Ариевич, 1960 г., В. В. Соколов, И. А. Кицовская, Н. А. Чулина, 1962 г.), хроническое воздействие сантиметровых волн сопровождалось большой лабильностью изменений показателей периферической крови. При обследовании некоторых лиц отмечалась тенденция к увеличению количества лейкоцитов и ретикулоцитов, у других, напро-

тив, наблюдалась наклонность к цитопении. А. И. Иванов [27], изучавший фагоцитарную активность и подвижность нейтрофилов под влиянием СВЧ поля, обнаружил их снижение.

Таким образом, общее впечатление, которое создается при ознакомлении с литературными источниками заключается в том, что под влиянием радиоволн имеют место небольшие и обратимые изменения отдельных показателей периферической крови.

Располагая большим количеством как однократных, так и динамических наблюдений за состоянием крови у 498 лиц, длительно подвергающихся воздействию радиоволн разных частот (ВЧ, УВЧ, СВЧ), мы поставили перед собой задачу проанализировать имеющиеся изменения и сделать попытку сравнить их биологическое действие на кровь.

Воздействию полей ВЧ подвергалось 181, УВЧ—57, а СВЧ—260 человек молодого и среднего возраста. Стаж работы обследованных колебался от 1 до 24 лет. Средний стаж равнялся 8,5 годам. Мужчин было 289, женщин — 209. Все обследованные подвергались воздействию радиоволн, интенсивность которых не достигала теплового эффекта. Были исключены лица, имеющие выраженные общесоматические расстройства, которые сами по себе могли влиять на состав периферической крови.

Для контроля частоты и выраженности изменений состава периферической крови было обследовано 550 практически здоровых людей, не имеющих контакта с исследуемым фактором.

У лиц, подвергавшихся воздействию полей высокой, ультравысокой частоты, а также СВЧ (сантиметровые волны) было обнаружено уменьшение количества эритроцитов и гемоглобина (табл. 1). Изменения эти наблюдались примерно в два раза чаще, чем в контроле. Необходимо подчеркнуть, что выявленные нарушения со стороны красной крови были неглубокими. Количество эритроцитов у мужчин снижалось максимально до 3 800 000, а у женщин до 3 600 000 в 1 *мм*³ крови. Количество гемоглобина уменьшалось до 12,3—12,6 *г%* у мужчин и до 11,6—11,8 *г%* у женщин. Как правило, в крови одновременно отмечалось понижение количества эритроцитов и гемоглобина. Однако довольно часто наблюдалось снижение одного из указанных показателей. Существенных изменений

Таблица 1

Процент лиц с отклонениями от нормы количества эритроцитов, гемоглобина и ретикулоцитов при хроническом воздействии радиоволн разных диапазонов и в контроле

Группы		Эритроциты			Гемоглобин			Ретикулоциты		
		ниже	норм.	выше	ниже	норм.	выше	ниже	норм.	выше
ВЧ	СВ	22,3	68,3	9,4	11,7	77,6	10,7	2,3	77,7	20,0
	КВ	47,9	52,1	—	22,9	75,1	2,0	6,2	84,5	9,3
УВЧ	УКВ	33,3	64,9	1,8	29,8	66,7	3,5	1,7	66,8	31,5
СВЧ	дециметровый	24,2	68,8	7,0	11,1	80,9	8,0	2,0	92,0	6,0
	сантиметровый	46,8	52,2	1,0	64,5	33,5	2,0	7,3	78,2	14,5
	миллиметровый	18,4	67,8	13,8	12,3	61,6	26,1	—	89,6	10,4
Контроль		19,0	66,2	14,8	12,2	77,6	10,2	2,9	79,1	18,0

количества ретикулоцитов мы не отметили. У большинства обследованных они находились на верхней границе нормы, изредка встречался умеренный ретикулоцитоз.

В табл. 2 представлены изменения лейкоцитов, тромбоцитов и РОЭ.

Таблица 2

Процент лиц с отклонениями от нормы количества лейкоцитов, тромбоцитов и РОЭ при хроническом воздействии радиоволн разных диапазонов и в контроле

Группы		Лейкоциты			Тромбоциты			РОЭ		
		ниже	норм.	выше	ниже	норм.	выше	ниже	норм.	выше
ВЧ	СВ	18,8	78,9	2,3	37,6	60,1	2,3	2,4	75,4	22,2
	КВ	21,8	70,9	7,3	51,0	42,8	6,2	—	83,4	16,6
УВЧ	УКВ	21,0	59,8	19,2	52,6	42,2	5,2	5,7	77,0	17,3
СВЧ	дециметровый	21,2	67,7	11,1	26,5	70,5	3,0	2,0	82,9	15,1
	сантиметровый	11,4	75,1	13,5	52,0	43,9	4,1	2,0	87,6	10,4
	миллиметровый	35,3	63,2	1,5	37,9	55,9	6,2	—	93,8	6,2
Контроль		18,0	64,4	17,6	13,6	72,2	14,2	5,7	79,7	14,6

Обращает на себя внимание изменение со стороны количества тромбоцитов. Во всех группах в 2—4 раза чаще, чем в контроле, встречалось умеренное, до 160 000—150 000 в 1 *мм*³ крови снижение числа тромбоцитов. Лейкопения в большинстве случаев наблюдалась не чаще, чем в контроле, однако в ряде групп заметно уменьшился процент лиц, у которых в крови можно было наблюдать повышенное число лейкоцитов. В лейкоцитарной формуле нередко встречались небольшой палочкоядерный сдвиг и моноцитоз, РОЭ существенно не изменялось.

Зависимости изменений показателей крови от стажа работы не наблюдалось. Различия в частоте нарушений в отдельных группах, по всей вероятности, связаны с разной интенсивностью воздействия электромагнитных волн на организм работающих.

Полученные данные свидетельствуют о том, что хроническое воздействие радиоволн разных частот сопровождается однотипными изменениями со стороны показателей периферической крови. Изменения эти легкие, функционального характера и имеют наклонность к цитопении.

В табл. 3 представлена частота изменений некоторых показателей периферической крови при хроническом воздействии электромагнитных волн (основная группа) по сравнению с контролем. Из таблицы видно, что при действии указанного фактора умеренное снижение числа эритроцитов, гемоглобина и тромбоцитов наблюдается примерно в 2—3 раза чаще, чем в контроле.

В клинике института мы имели возможность более детально изучить состояние периферической крови у 60 человек, подвергавшихся воздействию электромагнитных полей радиочастот и имеющих умеренные и более выраженные проявления воздействия. Полученные данные подтвердили наличие нестойких количественных сдвигов показателей крови, направленных в сторону их снижения. Наряду с этим имели место небольшие качественные изменения клеток. Они выражались в неболь-

Таблица 3

Количество лиц с отклонениями показателей крови при хроническом воздействии радиоволн и в контроле

Показатели	Основная группа (498 чел.)		Контрольная группа (550 чел.)		Фактор достоверности (*t*)
	случ.	%	случ.	%	
Эритроцитопения . . .	165	33,1	104	19	5,2
Снижение гемоглобина	126	25,3	66	12	5,8
Тромбоцитопения . .	205	41,2	75	13,6	10,6
Лейкопения	104	20,8	99	18	1,1

ших изменениях люминесцентного свечения гранулоцитов, увеличении объема эритроцитов и их наклонности к сферуляции, сочетавшейся с некоторым понижением кислотной резистентности эритроцитов. Все эти данные свидетельствовали о реакции системы крови на воздействие радиоволн.

Динамическое исследование крови у одних и тех же лиц показало, что выявленные изменения в большинстве случаев не стойки и сравнительно быстро обратимы.

Выводы

— Воздействие радиоволн ВЧ, УВЧ и СВЧ небольшой интенсивности сопровождается однотипными изменениями показателей периферической крови.

— Выявленные изменения характеризуют легкие функциональные сдвиги со стороны гемопоэза с наклонностью к цитопении, зависящие от интенсивности воздействия.

— Динамическое наблюдение за изменениями крови свидетельствует об их лабильности.